

## TỔNG HỢP HỆ TRUYỀN ĐỘNG BÁM SÁT CÔNG SUẤT NHỎ TRONG KHÍ TÀI QUÂN SỰ VỚI ĐỘNG CƠ CHẤP HÀNH XOAY CHIỀU KHÔNG ĐỒNG BỘ HAI PHA ĐIỀU KHIỂN VÉC TƠ

Lê Văn Duyên<sup>1\*</sup>, Hoàng Quang Chính<sup>2</sup>, Tạ Quốc Yên<sup>2</sup>, Phạm Văn Thuân<sup>3</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu xây dựng hệ truyền động bám công suất nhỏ sử dụng động cơ không đồng bộ hai pha với mô hình đối tượng trên khí tài quân sự có chứa mối liên hệ ràng buộc giữa kênh tâm và kênh hướng với các thành phần bất định. Chiến lược điều khiển véctơ định hướng từ thông rotor gián tiếp được thực hiện với bộ nghịch lưu PWM hai nhánh cùng các bộ điều khiển vị trí PD, bộ điều khiển tốc độ PID và bộ điều khiển rơ le dòng điện để điều khiển động cơ không đồng bộ (KĐB) hai pha nhằm nâng cao hiệu suất và độ tin cậy khi làm việc của hệ truyền động điện bám vị trí.

**Từ khóa:** Động cơ không đồng bộ hai pha, Truyền động bám vị trí.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trên các trang bị quân sự hiện nay có khá nhiều hệ truyền động bám vị trí cũng như các hệ ổn định với công suất nhỏ, đòi hỏi độ chính xác cao như các hệ truyền động của hệ thống quang điện tử, quang truyền hình; hệ bám pháo tàu, hệ bám ra đa chỉ thị mục tiêu, bộ phóng tên lửa... Thực tế, với cấu trúc phần cơ của hệ truyền động có chứa nhiều kênh chuyển động khác nhau (như kênh tâm và kênh hướng) là rất phức tạp khi có xét đến các yếu tố đàn hồi, khe hở, ma sát của bộ truyền động cũng như ảnh hưởng của hiệu ứng lực Coriolis và tác động qua lại giữa động học các kênh chuyển động. Mô hình hệ thống điều khiển đối tượng với 2 kênh tâm hướng giống như mô hình hệ robot 2 khâu. Hiện nay, hầu hết các nghiên cứu trong thực tế, người ta mới chỉ dừng lại ở việc xét đến yếu tố khe hở, đàn hồi và ma sát của bộ truyền động và biểu diễn động học của từng kênh chuyển động độc lập nhau chứ chưa xây dựng được một mô hình động học đầy đủ của hệ thống với các yếu tố tác động nêu trên [1], [2], [3]. Điều này làm cho việc mô hình hóa hệ thống được đơn giản nhưng sẽ làm mất tính tổng quát và giảm độ chính xác của hệ thống. Tuy nhiên, đối với các hệ thống bám của khí tài quân sự đòi hỏi độ chính xác cao và đặc biệt đối với các hệ truyền động bám có công suất nhỏ thì các vấn đề nêu trên cần phải được đánh giá kỹ lưỡng vì việc bỏ qua các thành phần này sẽ gây ra sai số khá lớn, ảnh hưởng tới chất lượng bám của hệ thống.

Mục tiêu của bài báo này là nghiên cứu xây dựng mô hình và mô phỏng cấu trúc động học hệ truyền động điện bám vị trí của đối tượng với mô hình đầy đủ hai kênh động học tâm và hướng. Mô hình điều khiển đề xuất sử dụng động cơ KĐB hai pha theo thuật toán điều khiển véctơ định hướng từ thông rotor gián tiếp cùng với bộ nghịch lưu nguồn áp với cấu trúc đơn giản chỉ gồm hai nhánh IGBT.

### 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN HỌC HỆ THỐNG BÁM GÓC HAI KÊNH ĐIỀU KHIỂN VÉC TƠ ĐỊNH HƯỚNG TỪ THÔNG ROTOR CỦA ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU HAI PHA

Truyền động điện bám công suất nhỏ trên cơ sở ứng dụng động cơ KĐB hai pha được sử dụng phổ biến trong khí tài quân sự, công nghiệp, thương mại cũng như các thiết bị gia dụng. Động cơ loại này có cấu trúc đơn giản, làm việc tin cậy, hiệu suất khai thác cao, dễ dàng chăm sóc, bảo quản, bảo dưỡng và có tuổi thọ lớn.

#### 2.1. Mô hình động học của đối tượng với 2 kênh điều khiển

Hệ thống truyền động bám khí tài quân sự nói chung là một hệ thống điện cơ phức tạp, bao gồm nhiều khâu chuyển động liên kết với nhau, gồm động cơ chấp hành, bộ truyền

động và cơ cấu công tác. Phần cơ của hệ truyền động khi có xét đến yếu tố đàn hồi, khe hở và ma sát được mô tả bởi một hệ hai khối lượng [1], [2], [3]. Đây là một mô hình rất phức tạp, có chứa các thành phần phi tuyến bất định. Mô hình của đối tượng là tổng hợp mô hình phần cơ và mô hình động cơ KĐB hai pha điều khiển véc tơ.

Mô hình động học phần cơ của đối tượng có chứa hai kênh chuyển động đó là kênh tâm và kênh hướng. Trong quá trình hoạt động, luôn có sự tác động chéo giữa hai kênh với nhau. Khi chưa kể đến động học của động cơ chấp hành, mô hình của đối tượng điều khiển giống mô hình robot hai khâu với hai bậc tự do có dạng tổng quát có dạng:

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) + D(q) = T \quad (1)$$

trong đó,  $M(q)$  là ma trận mô men quán tính,  $C(q, \dot{q})$  là ma trận kể đến lực Coriolis và ma sát tốc độ,  $G(q)$  là ma trận trọng lực,  $D(q)$  là ma trận mô men các loại nhiễu,  $T$  là mô men phát sinh từ động cơ chấp hành.

**Phương trình động học của kênh truyền động tâm:**

Đối với động học kênh tâm, ngoài thành phần mô men cản ( $T_{cT}$ ) do khối lượng truyền động của kênh tâm gây ra thì còn các thành phần mô men trọng lượng ( $T_G$ ), mô men gây ra do ma sát nhớt, mô men gây ra do thành phần lực Coriolis do chuyển động theo của kênh tâm trên kênh hướng ( $T_{co}$ ) gây ra.

Phương trình động học của kênh tâm được viết như sau:

$$J_t \frac{d\omega_t}{dt} = T_t - T_{cT} - T_{co} - T_G - k_t \omega_t \quad (2)$$

trong đó,  $J_t$  là mômen quán tính kênh tâm;  $T_t$  là mô men được truyền từ trục của bộ truyền động;  $\omega_t$  là tốc độ góc của kênh tâm;  $k_t$  là hệ số ma sát nhớt kênh tâm.

**Phương trình động học kênh hướng:**

Ta viết phương trình bảo toàn năng lượng của hệ truyền động áp dụng cho kênh truyền động hướng như sau:

$$J_h \frac{d\omega_h}{dt} = T_2 - T_{cH} - k_h \omega_h \quad (3)$$

trong đó,  $J_h$  là mô men quán tính của kênh hướng khi có xét đến ảnh hưởng của góc quay kênh tâm quy đổi về trục quay của tải;  $\omega_h$  là tốc độ góc quay của kênh hướng;  $T_2$  là mômen được truyền từ trục của bộ truyền động;  $T_{cH}$  là thành phần mômen cản tác dụng lên trục truyền động của kênh hướng;  $k_h$  là hệ số ma sát nhớt kênh hướng.

Trên thực tế, với cấu trúc kênh tâm được đặt hoàn toàn lên kênh hướng nên mô men quán tính của kênh hướng sẽ bị ảnh hưởng bởi góc quay của kênh tâm. Vì vậy, mô men quán tính tổng của kênh hướng sẽ được xác định bởi phương trình sau đây:

$$J_h = J_1 + J_2 \quad (4)$$

Ở đây,  $J_1$  là thành phần mô men quán tính của khối lượng kênh hướng;  $J_2$  là thành phần mô men quán tính ảnh hưởng của kênh tâm lên kênh hướng. Thành phần mô men tác dụng này phụ thuộc vào góc quay của kênh tâm và được biểu diễn như sau:

$$J_2 = f(\varepsilon_t) \quad (5)$$

Từ các phương trình trên chúng ta xây dựng được mô hình động học của đối tượng điều khiển như sau:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -\frac{1}{J_t} k_t x_2 + \frac{1}{J_t} [T_1 - T_G - T_{cT} - T_{co}] \\ \dot{x}_3 = x_4 \\ \dot{x}_4 = -\frac{1}{J_1 + f(x_1)} k_h x_4 + \frac{1}{J_1 + f(x_1)} (T_2 - T_{cH}) \end{cases} \quad (6)$$

trong đó,  $x_1 = \varepsilon_t$  là góc tâm;  $x_2$  là tốc độ góc kênh tâm,  $x_3$  - Góc hướng;  $x_4$  - Tốc độ góc kênh hướng.

## 2.2. Mô hình hộp giảm tốc

Trong thành phần của hệ thống truyền động luôn luôn có chứa hộp giảm tốc nhằm giảm tốc độ lấy từ trục động cơ chấp hành và tăng mô men cấp tới phụ tải. Mô hình động lực của hộp giảm tốc gồm có một trục cơ học tốc độ cao (phía động cơ) và một trục cơ học tốc độ thấp (phía tải) được đầu nối với nhau thông qua thiết bị giảm tốc. Các khối trục cơ học được biểu diễn bằng hệ số độ cứng  $K_s$  và hệ số giảm chấn  $D_s$  của nó. Mô men được truyền của khối trục cơ học  $T_s$  được tính toán theo công thức sau:

**Đối với trục tốc độ cao:**

$$T_{sH} = K_{sH} (\theta_H - \theta_{dH}) + D_{sH} (\omega_H - \omega_{dH}) \quad (7)$$

**Đối với trục tốc độ thấp:**

$$T_{sL} = K_{sL} (\theta_{dL} - \theta_L) + D_{sL} (\omega_{dL} - \omega_L) \quad (8)$$

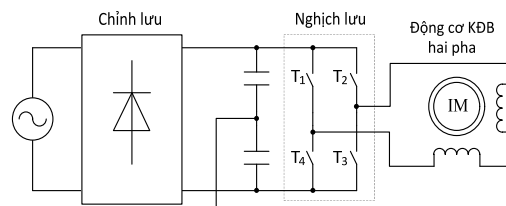
trong đó:  $\theta_H, \omega_H$  tương ứng là góc và tốc độ của động cơ;  $\theta_{dH}, \omega_{dH}$  tương ứng là góc và tốc độ lấy trên đầu vào của thiết bị giảm tốc;  $\theta_{dL}, \omega_{dL}$  tương ứng là góc và tốc độ trên đầu ra của thiết bị giảm tốc;  $\theta_L, \omega_L$  tương ứng là góc và tốc độ phụ tải.  $K_{sH}$  và  $D_{sH}$ ,  $K_{sL}$ ,  $D_{sL}$  tương ứng là hệ số độ cứng và hệ số tắt dần của trục tốc độ cao và trục tốc độ thấp.

Động học của thiết bị giảm tốc được mô tả bằng phương trình sau đây:

$$J_{idH} \ddot{\theta}_{idH} = T_{sH} - \frac{T_{sL}}{\eta i} \quad (9)$$

trong đó,  $J_{idH}$  là mô men quán tính của thiết bị giảm tốc được quy đổi về phía tốc độ cao,  $\ddot{\theta}_{idH}$  là gia tốc của thiết bị giảm tốc ở phía tốc độ cao,  $\eta$  là hiệu suất của thiết bị giảm tốc và  $i$  là tỷ số truyền ( $i > 1$ ).

## 2.3. Mô hình toán học của động cơ không đồng bộ hai pha theo thuật toán điều khiển vec tơ định hướng từ thông rotor gián tiếp



Hình 1. Cấu trúc hệ thống truyền động động cơ KĐB hai pha.

Cấu trúc cơ bản của phần mạch động lực của hệ truyền động điện động cơ KĐB hai pha với bộ nghịch lưu hai nhánh được minh họa trên hình 1. Trên thực tế, động cơ KĐB một pha được xem như động cơ KĐB hai pha không đối xứng [5,6,7]. Tính không đối xứng là do các điện trở và điện cảm của các cuộn dây chính và cuộn dây phụ không bằng nhau.

Mô hình động học của động cơ không đồng bộ hai pha biểu diễn trong hệ tọa độ dq như sau [5,6,7]:

$$V_{sd}^s = R_{sd}i_{sd}^s + \frac{d\phi_{sd}^s}{dt} \quad (10)$$

$$V_{sq}^s = R_{sq}i_{sq}^s + \frac{d\phi_{sq}^s}{dt} \quad (11)$$

$$0 = R_r i_{rd}^s + \frac{d\phi_{rd}^s}{dt} + \omega_r \phi_{rq}^s \quad (12)$$

$$0 = R_r i_{rq}^s + \frac{d\phi_{rq}^s}{dt} - \omega_r \phi_{rd}^s \quad (13)$$

Mô men điện từ của động cơ KĐB hai pha trong hệ tọa độ tĩnh stator được cho bởi:

$$T_{đc} = p(L_{mq}i_{sq}^s i_{rd}^s - L_{md}i_{sd}^s i_{rq}^s) \quad (14)$$

trong đó,  $R_{sd}$ ,  $R_{sq}$  và  $R_r$  tương ứng là điện trở các cuộn dây stator và rotor;  $L_{sd}$ ,  $L_{sq}$ ,  $L_r$ , và  $L_{md}$ ,  $L_{mq}$  tương ứng là điện cảm các cuộn dây mạch stator, rotor và hồ cảm;  $\phi_{rd}^s$ ,  $\phi_{rq}^s$ ,  $\phi_{sd}^s$ ,  $\phi_{sq}^s$  là các thành phần từ thông rotor và stator;  $\omega_r$  là tốc độ rotor.

Một trong những nhược điểm cơ bản của mô hình động cơ không đồng bộ hai pha không đối xứng đó là, mô men điện từ bị đập mạch xảy ra do sự mất cân bằng giữa các tham số mạch stator. Để loại bỏ tính không đối xứng trong mô hình nhằm tạo thuận lợi trong việc áp dụng thuật toán điều khiển véc tơ, có thể sử dụng phép biến đổi được trình bày trong [5] như sau:

$$i_{sd}^s = i_{sdt}^s \quad (15)$$

$$i_{sq}^s = k.i_{sqt}^s \quad (16)$$

trong đó,  $k = \frac{L_{md}}{L_{mq}}$

Và do đó, hàm chuyển đổi cho các tham số khác được xác định như sau:

$$V_{sdt}^s = kV_{sd}^s; V_{sqt}^s = kV_{sq}^s; \phi_{sdt}^s = k\phi_{sd}^s; \phi_{sqt}^s = k\phi_{sq}^s$$

Do vậy, bằng việc áp dụng việc chuyển đổi này thì các phương trình từ thông, điện áp mạch stator và rotor sẽ có dạng như sau:

$$V_{sdt}^s = R_{sd}i_{sdt}^s + \frac{d\phi_{sdt}^s}{dt} \quad (17)$$

$$V_{sqt}^s = k^2 R_{sq}i_{sqt}^s + \frac{d\phi_{sqt}^s}{dt} \quad (18)$$

$$0 = R_r i_{rd}^s + \frac{d\phi_{rd}^s}{dt} + \omega_r \phi_{rq}^s \quad (19)$$

$$0 = R_r i_{rq}^s + \frac{d\phi_{rq}^s}{dt} - \omega_r \phi_{rd}^s \quad (20)$$

Mômen điện từ của động cơ có thể được viết lại như sau:

$$T_{đc} = \frac{P}{L_r} L_{md} (i_{sqt}^s \phi_{rd}^s - i_{sdt}^s \phi_{rq}^s) \quad (21)$$

Chúng ta có thể biểu diễn được các thành phần dòng điện rotor như sau:

$$i_{rd}^s = \frac{1}{L_r} (\phi_{rd}^s - L_{md} i_{sdt}^s) \quad (22)$$

$$i_{rq}^s = \frac{1}{L_r} (\phi_{rq}^s - L_{md} i_{sqt}^s) \quad (23)$$

Thay thế (22) và (23) tương ứng vào (19) và (20), khi đó, các thành phần từ thông rotor có quan hệ với dòng điện stator như sau:

$$\frac{d\phi_{rd}^s}{dt} = \frac{R_r L_{md}}{L_r} i_{sdt}^s - \frac{R_r}{L_r} \phi_{rd}^s - \omega_r \phi_{rq}^s = \frac{L_{md}}{\tau_r} i_{sdt}^s - \frac{1}{\tau_r} \phi_{rd}^s - \omega_r \phi_{rq}^s \quad (24)$$

$$\frac{d\phi_{rq}^s}{dt} = \frac{R_r L_{md}}{L_r} i_{sqt}^s - \frac{R_r}{L_r} \phi_{rq}^s + \omega_r \phi_{rd}^s = \frac{L_{md}}{\tau_r} i_{sqt}^s - \frac{1}{\tau_r} \phi_{rq}^s + \omega_r \phi_{rd}^s \quad (25)$$

Trong đó,  $\tau_r = \frac{L_r}{R_r}$  là hằng số thời gian của rotor.

Nếu mô hình véc tơ được xác định từ (24) và (25) biểu diễn cho một hệ tọa độ x bất kỳ nào đó cách trục pha d của cuộn dây stator một góc  $\delta_x$  (rad) thì ta có thể viết dưới dạng tổng quát như sau:

$$\frac{d\phi_r^x}{dt} = \frac{L_{md}}{\tau_r} i_{st}^x - \frac{1}{\tau_r} \phi_r^x - j(\omega_x - \omega_r) \phi_r^x \quad (26)$$

Và  $\omega_x = \frac{d\delta_x}{dt}$  là tốc độ góc của hệ tọa độ x bất kỳ. Các biến biểu diễn trong hệ tọa độ x bất kỳ được tính toán từ các biến trong hệ tọa độ stator thông qua các phương trình sau:

$$\phi_r^x = \phi_{rd}^x + j\phi_{rq}^x = (\phi_{rd}^s + j\phi_{rq}^s) e^{-j\delta_x} \quad (27)$$

$$i_{st}^x = i_{sdt}^x + j i_{sqt}^x = (i_{sdt}^s + j i_{sqt}^s) e^{-j\delta_x} \quad (28)$$

Khi áp dụng thuật toán điều khiển tựa theo véc tơ từ thông rotor (với ký hiệu “e”), ta có:

$$\phi_{rd}^e = \phi_r^e ; \phi_{rq}^e = 0 \quad (29)$$

Khi đó, các phương trình (24) và (25) được viết lại như sau:

$$\frac{d\phi_r^e}{dt} + \frac{R_r}{L_r} \phi_r^e = \frac{R_r L_{md}}{L_r} i_{sdt}^e \quad (30)$$

$$\omega_{slip} \phi_r^e = \frac{R_r L_{md}}{L_r} i_{sqt}^e \quad (31)$$

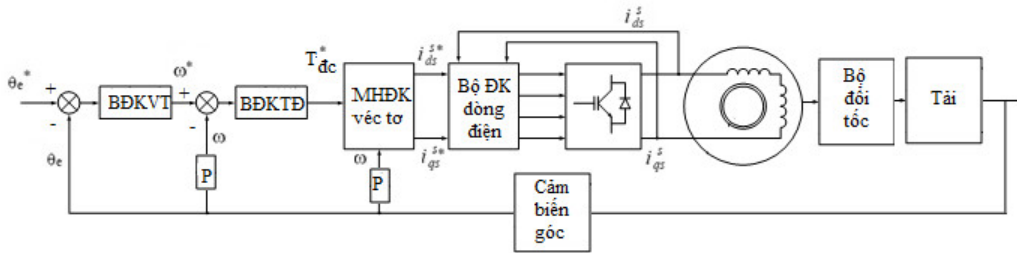
trong đó,  $\phi_r^e$  là biên độ từ thông rotor,  $\omega_{slip} = \omega_e - \omega_r$  là tần số góc trượt với  $\omega_e = d\theta_e / dt$ , trong đó  $\theta_e$  là góc của vị trí véc tơ từ thông rotor. Chúng ta có thể biểu diễn được phương trình mô men điện từ như sau:

$$T_{dc} = \frac{P}{L_r} L_{md} \phi_r^e i_{sq}^e \quad (32)$$

Như vậy, trong mô hình động cơ xoay chiều hai pha điều khiển véc tơ định hướng từ thông rotor chúng ta thấy rằng, thành phần  $i_{sd}^e$  sẽ điều khiển từ thông rotor đảm bảo theo (29) và thành phần  $i_{sq}^e$  sẽ điều khiển mô men điện từ theo (32).

### 3. CẤU TRÚC BỘ ĐIỀU KHIỂN HỆ BẢM VỊ TRÍ SỬ DỤNG ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ HAI PHA VỚI BỘ ĐIỀU KHIỂN VÉC TƠ

Dựa vào các phương trình trong mô hình động cơ không đồng bộ hai pha, với giả thiết bỏ qua sự tương tác và ảnh hưởng lẫn nhau giữa các thành phần dòng điện  $i_{sd}$ ,  $i_{sq}$ . Coi các dòng điện  $i_{sd}$ ,  $i_{sq}$  là độc lập, dòng  $i_{sd}$  sẽ điều khiển từ thông, thành phần dòng  $i_{sq}$  sẽ điều khiển mô men điện từ. Chúng ta xây dựng được mô hình điều khiển vị trí động cơ không đồng bộ hai pha cho một kênh như hình 2.



**Hình 2.** Sơ đồ khối của hệ truyền động bảm vị trí với bộ điều khiển véc tơ động cơ không đồng bộ hai pha.

Ta xây dựng các bộ điều khiển cho hệ truyền động bảm vị trí công suất nhỏ hai kênh sử dụng động cơ xoay chiều hai pha với bộ điều khiển véc tơ định hướng từ thông rotor. Nghiên cứu gần đúng trong khuôn khổ của lý thuyết hệ tuyến tính, sơ đồ khối hệ thống điều khiển được minh họa trên hình 2. Đây là hệ thống điều khiển được xây dựng theo nguyên lý điều khiển hệ thống với các vòng điều khiển lệ thuộc [1]. Vòng trong là bộ điều khiển dòng điện, tiếp đến là vòng điều khiển tốc độ, vòng ngoài là bộ điều khiển vị trí.

Tổng hợp bộ điều khiển dòng điện theo nguyên lý xây dựng bộ điều khiển rơ le với hàm chuyển đổi điều khiển (hàm đổi lái) có dạng:

$$u_{dk} = U_m \text{sign}(i_d - i) \quad (33)$$

Ở đây,  $i_d$  là dòng điện đặt, nhận được từ đầu ra của bộ điều khiển tốc độ,  $i$  là dòng điện đầu ra.

Bộ điều khiển tốc độ được tổng hợp theo tiêu chuẩn tối ưu mô đun.

Hàm truyền đối tượng điều khiển của vòng tốc độ khi kể đến hằng số thời gian nhỏ  $T_{dl}$  của khâu đo lường, gần đúng xem như khâu tuyến tính, có dạng:

$$W_{td} = \frac{U_{dt}}{\omega_{dc}} = \frac{k_{td}}{(T_{dl}p + 1)(T_1 p^2 + T_2 p + 1)} \quad (34)$$

Ở đây,  $U_{dt}$  là lượng đặt vào bộ điều khiển tốc độ.

Tổng hợp theo tiêu chuẩn tối ưu môđun, hàm truyền mong muốn của bộ điều khiển tốc độ có dạng [1]:

$$W_{idmm} = \frac{1}{2T_{dl}p(T_{dl}p + 1)} \quad (35)$$

Hàm truyền bộ điều khiển của vòng tốc độ được xác định là:

$$W_{dktd} = \frac{W_{idmm}}{W_{id}} = \frac{(T_{dl}p + 1)(T_1p^2 + T_2p + 1)}{2T_{dl}p(T_{dl}p + 1)} = \frac{T_2}{2T_{dl}} + \frac{1}{2T_{dl}p} + \frac{T_1p}{2T_{dl}} \quad (36)$$

Đây là bộ điều khiển PID.

Bộ điều khiển vị trí là bộ điều khiển vòng ngoài được thực hiện sau khi đã tổng hợp bộ điều khiển tốc độ được tổng hợp theo tiêu chuẩn tối ưu môđun.

Hàm truyền đối tượng điều khiển của vòng vị trí khi kể đến hằng số thời gian nhỏ  $T_{dl}$  của khâu đo lường, gần đúng xem như khâu tuyến tính, có dạng:

$$W_{vt} = \frac{\Delta_x}{X_{ra}} = \frac{k_{vt}}{p(T_{dl}p + 1)(T_{vt}p + 1)} \quad (37)$$

trong đó,  $\Delta_x = X_d - X_{ra}$  là sai lệch vị trí.

Tổng hợp theo tiêu chuẩn tối ưu môđun, hàm truyền mong muốn của bộ điều khiển vị trí có dạng [1]:

$$W_{vimm} = \frac{1}{2T_{dl}p(T_{dl}p + 1)} \quad (38)$$

Hàm truyền bộ điều khiển của vòng vị trí được xác định là:

$$W_{dkvt} = \frac{W_{vimm}}{W_{vt}} = \frac{p(T_{dl}p + 1)(T_{vt}p + 1)}{2T_{dl}p(T_{dl}p + 1)} = \frac{T_{vt}p}{2T_{dl}} + \frac{1}{2T_{dl}} \quad (39)$$

## 4. MÔ PHỎNG, ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

### 4.1. Các tham số mô phỏng

Ta nghiên cứu mô phỏng hệ truyền động bám vị trí hai kênh của một chủng loại pháo tàu Hải quân sử dụng động cơ xoay chiều không đồng bộ hai pha điều khiển véc tơ có liên hệ ràng buộc của chuyển động hai kênh tầm hướng khi hoạt động.

Các thông số dùng trong mô phỏng được liệt kê như sau:

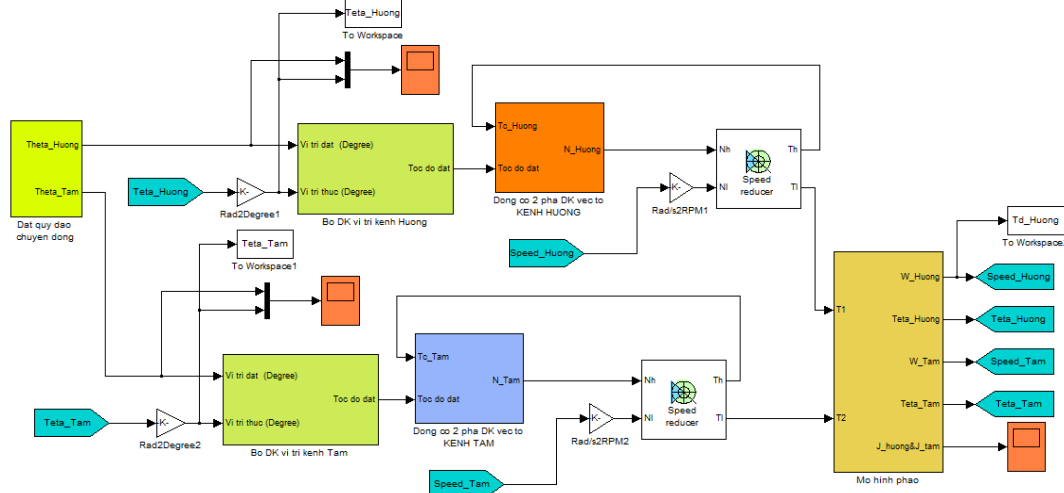
- Thông số động cơ chấp hành kênh tầm và kênh hướng:  $P = 1.1KW$ ,  $U = 220V$ ;  $f = 50Hz$ ;  $R_{sd} = 2,473\Omega$ ;  $R_{sq} = 6,274\Omega$ ;  $L_{sd} = 0.0904H$ ;  $L_{sq} = 0.0904H$ ;  $R_r = 5,514\Omega$ ;  $L_r = 0,0904H$ ;  $L_{md} = 0,0817H$ ;  $L_{mq} = 0,0715H$ ;  $p = 2$ .

- Thông số của hộp giảm tốc:  $J = 0,001kg.m^2$ ;  $\eta = 0,95$ ;  $K_{SH} = 1719N.m$ ;  $D_{SH} = 20N.m.s$ ;  $K_{SL} = 171900N.m$ ;  $D_{SL} = 6000N.m.s$  và  $i = 10$  đối với kênh tầm;  $i = 50$  đối với kênh hướng.

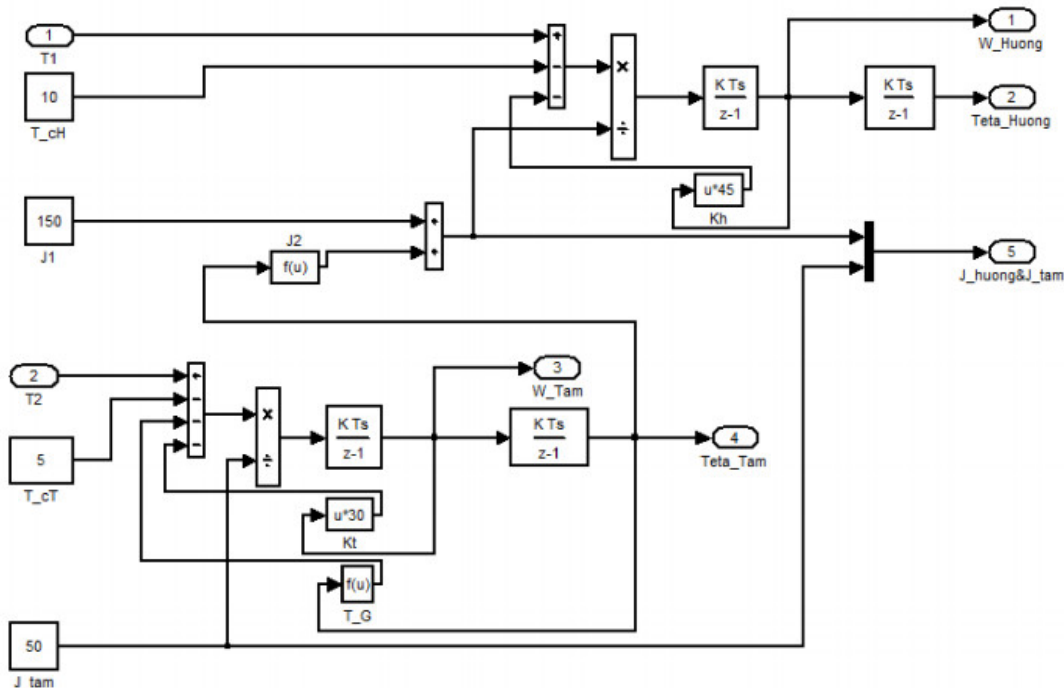
- Các thông số của mô hình pháo tàu:  $T_{cT} = 05 Nm$ ;  $T_{cH} = 10 Nm$ ;  $k_t = 30$ ;  $k_h = 45$ ;  $J_t = 50 kgm^2$ ;  $J_h = 150 kgm^2$ ;  $J_2 = f(\varepsilon_i) = (200.\varepsilon_i^2 + 100.\varepsilon_i) kgm^2$ ;  $T_G = 50.cos\varepsilon_i Nm$ .

- Thông số bộ điều khiển tốc độ được tính toán theo (36), nhận được kết quả: Đối với kênh tầm  $K_P = 10$ ;  $K_I = 10$ ;  $K_D = 0.5$  và đối với kênh hướng  $K_P = 10$ ;  $K_I = 10$ ;  $K_D = 0.5$

- Thông số bộ điều khiển vị trí được tính toán theo (39), nhận được kết quả: Đối với kênh tầm  $K_P = 50$ ;  $K_D = 10$  và đối với kênh hướng  $K_P = 60$ ;  $K_D = 50$ .



**Hình 3.** Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động tám pha tàu sử dụng động cơ KĐB hai pha điều khiển véc tơ.

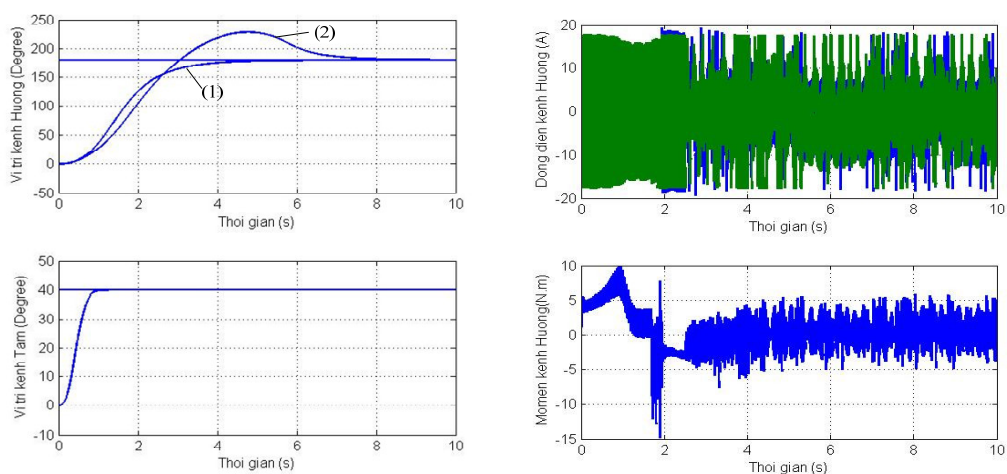


**Hình 4.** Sơ đồ mô phỏng mối liên hệ ràng buộc của chuyển động hai kênh tầm hướng trong hệ truyền động tám pha tàu.

#### 4.2. Kết quả mô phỏng

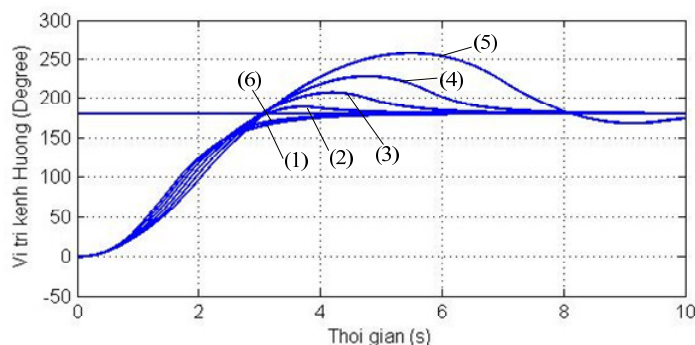
- Trường hợp 1: Góc đặt kênh tầm bằng  $40^0$  và góc đặt kênh hướng bằng  $180^0$  với các trường hợp khi không xét đến (đường 1) và khi có xét đến (đường 2) ảnh hưởng của mô men quán tính kênh tầm lên kênh hướng.





**Hình 5.** Biểu đồ đáp ứng vị trí của kênh tâm và kênh hướng cùng với biểu đồ mô men và dòng điện trong các cuộn dây máy điện trên kênh hướng.

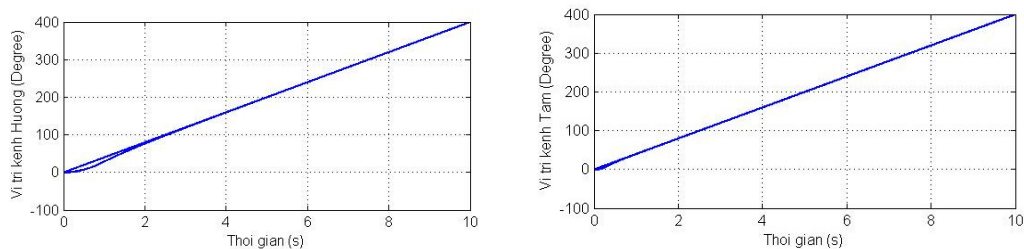
- Trường hợp 2: Xét sự ảnh hưởng của mô men quán tính kênh tâm lên kênh hướng ở các góc quay kênh tâm khác nhau: Đường (1) với  $\varepsilon_i = 10^\circ$ , đường (2) với  $\varepsilon_i = 20^\circ$ , đường (3) với  $\varepsilon_i = 30^\circ$ , đường (4) với  $\varepsilon_i = 40^\circ$ , đường (5) với  $\varepsilon_i = 50^\circ$ , đường (6) với  $\varepsilon_i = 40^\circ$  và xét với  $J_2 = 0$ .



**Hình 6.** Đáp ứng vị trí kênh hướng khi thay đổi góc quay kênh tâm.

Rõ ràng là Sự thay đổi của mô men quán tính làm xấu đi chất lượng động học của kênh hướng.

- Trường hợp 3: Xét đáp ứng vị trí kênh tâm và kênh hướng khi đại lượng đặt có dạng hàm tuyến tính:



**Hình 7.** Đáp ứng vị trí kênh tâm và kênh hướng khi đặc tính tín hiệu đặt có dạng tuyến tính.

### 4.3. Đánh giá chung

- Đáp ứng vị trí kênh hướng chịu tác động lớn khi có sự ảnh hưởng của mô men quán tính và các thành phần bất định của khối lượng kênh tâm gây ra. Góc quay kênh tâm càng lớn thì sự ảnh hưởng này càng cao. Khi góc quay kênh tâm nhỏ (dưới  $10^0$ ) thì các ảnh hưởng đó coi như không đáng kể.

- Biểu đồ đáp ứng dòng điện trong các cuộn dây stator và mô men điện từ cho thấy, với cấu trúc bộ nghịch lưu hai nhánh và có xét đến các yếu tố tác động như đã nói ở trên thì độ đập mạch mô men và dòng điện là lớn. Dòng điện chạy trong các cuộn dây stator có dạng nhọn đầu, không sin nên làm tăng tổn hao trong máy điện, giảm chất lượng làm việc của hệ thống, cần phải được nghiên cứu khắc phục.

## 5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một phương pháp xây dựng hệ truyền động bám góc sử dụng động cơ không đồng bộ hai pha theo thuật toán điều khiển véc tơ định hướng từ thông rotor gián tiếp khi có xét đến các yếu tố tương tác trong cấu trúc động học phần cơ của hệ truyền động điện. Kết quả mô phỏng áp dụng cho một chủng loại pháo trên tàu Hải quân cho thấy tính chất khả thi của phương án được đề xuất. Với trường hợp coi các thông số là không đổi, cấu trúc điều khiển kinh điển của bộ điều khiển PID hoàn toàn có thể đáp ứng tốt chất lượng động học của hệ thống. Khi các thông số thay đổi, cấu trúc điều khiển kinh điển của bộ điều khiển PID có thể có đáp ứng khác nhau về chất lượng động học của hệ thống thông qua cấu trúc này có thể nhận thấy rằng, cần ứng dụng các lý thuyết điều khiển hiện đại trong xây dựng cấu trúc bộ điều khiển mới cho hệ truyền động bám sử dụng động cơ không đồng bộ hai pha để nâng cấp các hệ truyền động bám có công suất nhỏ và trung bình. Các hệ này đã và đang được sử dụng khá phổ biến trong công nghiệp, dân dụng và quân sự là hoàn toàn khả thi và có tính thực tiễn cao.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đào Hoa Việt, “*Phân tích và tổng hợp hệ thống truyền động điện*”, HVKTQS Xuất Bản 2010.
- [2]. Huỳnh Văn Đông, “*Tổng hợp điều khiển thích nghi dựa trên phương pháp Backstepping cho hệ truyền động có đàn hồi, khe hở và ma sát khô phi tuyến*”, LATSKT năm 2009.
- [3]. Nguyễn Văn Hải, Vũ Hòa Tiên, Nguyễn Thanh Tiên, “*Động học của động cơ chấp hành và yếu tố đàn hồi của khớp trong thuật toán điều khiển tay máy rô bốt*”, Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, Số 33, 10 – 2014.
- [4]. Phạm Tuấn Thành, “*Phân tích và tổng hợp thuật toán số điều khiển hệ thống khuếch đại xung công suất động cơ không đồng bộ hai pha*”, Tạp chí Khoa học và Kỹ thuật, Học viện KTQS.
- [5]. Abdolreza Rabiee, Mohammad Reza Alizadeh Pahlavani, “*A position Control of Asymmetrical Two Phase Induction Motor Based on Vector Control Strategy*”, Journal of Basic and Applied Scientific Research (2012).
- [6]. E.R. Collines Jr. and R.E. Ashley III, “*Operating Characteristics of single-phase capacitor motor driven from variable frequency supplies*” in Proc. Conf. Rec. IEEE Ind. Appl. Society Annu. Meeting, Sep./Oct. 1991, vol.1, pp. 52-57
- [7]. F. Blaabjerg, F. Laugeanu, K. Skaug, M. Tonnes, “*Two-Phase Induction Motor Drive*” Industrial Application Magazine, IEEE (2004), vol.10, no.4, pp. 24-32.

**ABSTRACT**

**DESIGNING A SMALL POWER TRACKING SYSTEM USED IN MILITARY EQUIPMENT WITH TWO – PHASE ASYNCHRONOUS MOTOR BASED ON VECTOR CONTROL**

*In this paper, the researching results to build Naval ship artillery angle tracking drive system using two-phase asynchronous motor with model of object containing binding relationship between reach channel and direction channel with uncertainty nonlinear components are presented. The indirect rotor flux oriented control strategy is performed with two-leg PWM inverter with PI position controller, PID speed controller and delay current controller to control the two-phase asynchronous motor in order to improve performance and reliability when working of angle tracking drive system. The simulation results show that, dynamic characteristic of the electric drive system is responded when using two-phase asynchronous motors, the dam level of torque and current is low show that the feasible nature of the proposed scheme.*

**Keywords:** Tracking driver system, Two-phase asynchronous motor.

*Nhận bài ngày 17 tháng 7 năm 2017*

*Hoàn thiện ngày 31 tháng 7 năm 2017*

*Chấp nhận đăng ngày 18 tháng 8 năm 2017*

*Địa chỉ:* <sup>1</sup> Viện Vũ khí – TCCNQP;  
<sup>2</sup> Học viện Kỹ thuật quân sự;  
<sup>3</sup> Học viện Hải quân.  
\* Email: [lvduyen79@gmail.com](mailto:lvduyen79@gmail.com).